

Dipl.-Ing. Rainer Ehmann, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

### Bemessungssituation für massive Wasserbauwerke nach neuen Normen

Bis heute gilt für die Bemessung massiver Wasserbauwerke das globale Sicherheitskonzept der DIN 1045, Ausgabe 1988 in Verbindung mit der DIN 19702, Ausgabe Oktober 1992 (Standicherheit von Massivbauwerken im Wasserbau). Die letzt genannte Norm enthält bauartspezifische Festlegungen. Dabei kennt die DIN 19702 3 Lastfälle:

- Lastfall 1: Zusammenfassung aller ständigen und häufig wiederkehrender Einwirkungen, z.B. Eigenlasten, Wasserdruck, regelmäßig wiederkehrende Nutzlasten usw.
- Lastfall 2: Lastfall 1 + kurzfristig oder in größeren Zeitabständen auftretenden Einwirkungen; Bau- und Reparaturzustände.
- Lastfall 3: Lastfall 1 + seltene, bzw. außergewöhnliche Einwirkungen.

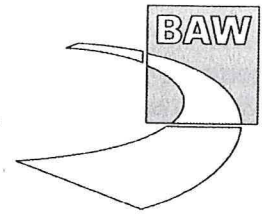
Für die Bemessung von Stahlbetonbauteilen hat diese Lastfallunterscheidung unterschiedliche globale Sicherheitsbeiwerte, bzw. Spannungsabminderungen zur Folge, siehe folgende Tabelle. Es wird dabei von einem Versagen mit Vorankündigung ausgegangen, also  $\gamma_{\text{global}} = 1,75$ . Die zulässige Spannungserhöhung  $\alpha$  bezieht sich auf Nachweise zur Teilflächenbelastung, auf Schub- und Verbundspannungen.

Lastfall	1	2	3
$\gamma_{\text{global}} =$	1,75	$0,87 \cdot 1,75 = 1,52$	$0,77 \cdot 1,75 = 1,35$
$\alpha =$	1,0	1,15	1,30

Die wesentliche Änderung der neuen Normengeneration ist das Sicherheitsformat. Während bisher von einem einzigen globalen Sicherheitsbeiwert ausgegangen wurde, der mögliche Streuungen der Einwirkung und der Materialkenngrößen beinhaltet, werden nunmehr die Bemessungswerte E einer Beanspruchung und der Tragwerkwiderstand R mit unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten belegt (semiprobabilistisches Sicherheitskonzept).

Bei den Einwirkungen wird künftig unterschieden zwischen ständigen Einwirkungen G, veränderlichen Einwirkungen Q und außergewöhnlichen Einwirkungen A. Die Grundlagennorm DIN 1055, Teil 100, geht im Abschnitt 6.1 (9) davon aus, dass der Flüssigkeitsdruck dann als ständige Einwirkung anzunehmen ist, wenn aufgrund geometrischer Verhältnisse oder hydrologischer Randbedingungen der Flüssigkeitsdruck begrenzt ist. Im Verkehrswasserbau kann man davon ausgehen, dass dies erfüllt ist bzw. die Höhe von Betriebs- und Grundwasserständen (obere und untere) in engen Grenzen bekannt sind.

In der künftigen ZTV-W 215: 2004 werden daher die Einwirkungen wie folgt unterschieden:



Ständige Einwirkungen:

- Eigengewicht
- Erddruck aus Hinterfüllung
- Wasserdruck (z.B. aus oberen und unteren Betriebswasserständen)
- Grundwasser und Sohlwasserdruck

Veränderliche Einwirkungen:

- Verkehrslasten (auch Erddruck aus Verkehr)
- Temperaturbeanspruchungen
- Eisdruck
- Schiffsanlegestoß
- Pollerzug

Außergewöhnliche Einwirkungen:

- Extreme und sehr seltene Wasserstände
- Havarien wie Schiffsstoß oder gesunkenes Schiff
- Erdbeben

Die Bemessung der Betontragwerke erfolgt nach DIN 1045-1 in sogenannten Grenzzuständen, wobei zwischen dem Grenzzustand der Tragfähigkeit und dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unterschieden wird.

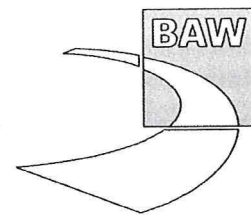
Im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden wiederum verschiedene Bemessungssituationen unterschieden, in denen die Einwirkungen entsprechend der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens mit unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten behaftet werden. Im Verkehrswasserbau können folgende Bemessungssituationen unterschieden werden:

In der ständigen Bemessungssituation (S) werden alle Einwirkungen des üblichen Betriebszustandes einschließlich der dabei anzunehmenden veränderlichen Einwirkungen kombiniert wie z.B.

- Schleuse auf Oberwasser/Unterwasser, ungünstige Grundwasserstände, Temperaturunterschiede, Verkehr auf Hinterfüllung, Anlegeschiffsstoß, Pollerzug, Druckstöße usw.
- Wehr oder Düker mit ungünstigen Betriebswasserständen, Temperaturunterschiede, Verkehrslasten, Wind

In der vorübergehenden Bemessungssituation (V) werden neben den Einwirkungen der ständigen Bemessungssituation weitere Einwirkungen, die nur kurzfristig wirken oder in größeren Zeitabständen auftreten, berücksichtigt wie z.B.

- Betrieb mit Eisdruck
- Hochwasser, seltene Grundwasserstände
- Bau- und Revisionszustände



In der außergewöhnlichen Bemessungssituation (A) werden neben den Einwirkungen der ständigen Bemessungssituation unplanmäßige und außergewöhnliche Einwirkungen kombiniert wie z.B.

- unplanmäßiger Schiffsstoß,
- gesunkenes Schiff
- Erdbeben
- extreme, mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit auftretende Wasserstände.

Nach DIN 1055 - 100, lautet die Kombinationsregel für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation:

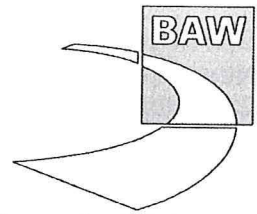
$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P_k \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit lauten für Wasserbauwerke:

		Bemessungssituation		
		ständig	vorübergehend	außergewöhnlich
ständige Einwirkung	ungünstig	1,35	1,20	1,00
	günstig	1,00	1,00	1,00
veränderliche Einwirkung	ungünstig	1,50	1,30	1,00
außergewöhnliche Einwirkung	ungünstig	-	-	1,00

Für Zwangsbeanspruchungen – z.B. aus Temperatur – wird der Teilsicherheitsbeiwert einheitlich zu  $\gamma_Q = 1,0$  gesetzt, wenn die Bedingungen der DIN 1045-1, Abschnitt 5.3.3 (3) erfüllt sind.

Die Kombinationsbeiwerte zur Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit von gleichzeitig auftretenden veränderlichen Einwirkungen werden in der Regel zu  $\psi_{0,i} = 1,0$  gesetzt. Im Einzelfall kann der Bauherr Kombinationsbeiwerte vorgeben. Hintergrund ist die Tatsache, dass im Wasserbau die ständigen Einwirkungen wie Eigengewicht, Wasserdruck und Erddruck im Allgemeinen dominieren. Diese Regelung führt in der statischen Berechnung zu erheblichen Vereinfachungen und liegt dabei geringfügig auf der sicheren Seite. Bei den unabhängigen ständigen Einwirkungen ist zwischen günstiger und ungünstiger Wirkung zu unterscheiden. Dabei ist zu bedenken, dass abhängige ständige Einwirkungen dann mit dem gleichen Teilsicherheitsbeiwert wie die ursächliche unabhängige Einwirkung zu versehen sind (Beispiel: Grundwasserstand und zugehöriger Sohlwasserdruck, Auffüllung, Hinterfüllung und zugehöriger Erddruck bzw. Bodenpressungen).



Im Gegensatz zum Hochbau und zum Brückenbau wird also im Wasserbau – in Anlehnung an die bisher praktizierte Bemessung nach DIN 19 702 – zwischen der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation unterschieden. Dies gilt jedoch nicht für die Widerstandsseite, hier gelten die Angaben der Tabelle 2 der DIN 1045-1, wo für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation die gleichen Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt werden.

Als weiterer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Ermüdungsnachweis zu nennen, der bei Wasserbauwerken durchaus bemessungsrelevant werden kann. Dabei werden häufig und regelmäßig auftretende Beanspruchungsveränderungen der ständigen Einwirkung als ermüdungswirksam angesehen, z.B. Veränderung des Betriebswasserstandes bei Schleusungsvorgängen. Für die Teilsicherheitsbeiwerte gelten die Angaben in DIN 1045.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in der Regel nur die Rissbreiten zu begrenzen, ein Nachweis der Spannungen ist im Allgemeinen entbehrlich.

Abweichend von der Tabelle 18 wird für Bauteile mit Anforderungen an eine Wasserdichtigkeit als Rechenwert der Rissbreite  $w_k = 0,25$  mm gefordert, ansonsten gilt Tabelle 18 mit zulässigen Rissbreiten im Stahlbetonbau von 0,3 mm und 0,4 mm, je nach Anforderungsklasse. Die Nachweise sind in der quasi-ständigen Einwirkungskombination zu führen, wobei aufgrund der im Allgemeinen überwiegend ständigen Einwirkungen aus Erddruck und Wasserdruck der Kombinationsbeiwert  $\psi_{2,i}$  vereinfachend zu 0,0 gesetzt werden darf. In Einzelfällen, z.B. wenn die veränderlichen Einwirkungen einen erheblichen Anteil an der Gesamtbeanspruchung haben, kann und soll der Bauherr andere Beiwerte festlegen.

Für geotechnische Nachweise zur Lagesicherheit und Gesamtstandsicherheit gelten die Nachweisformate und Sicherheitsbeiwerte der DIN 1054, Ausgabe Januar 2003.